

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-337860

(43)Date of publication of application : 21.12.1993

(51)Int.Cl.

B25J 9/22

B25J 15/08

G05B 19/18

G05B 19/42

(21)Application number : 04-171568

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES &amp; DEV LAB INC

(22)Date of filing : 05.06.1992

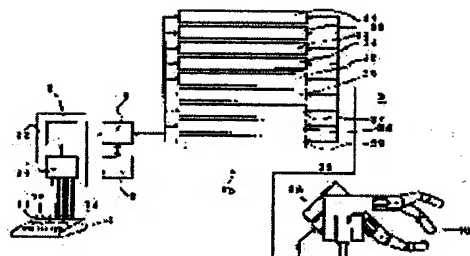
(72)Inventor : MIMURA SENJI

## (54) ROBOT HAND TEACHING DEVICE AND ROBOT HAND

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To facilitate operation for action teaching by computing the teaching objective value of each joint on the basis of the set value of the quantity related to the angle-stiffness of each joint of each finger of a robot hand, and storing a storage device with this teaching objective value and the actual value after driving.

**CONSTITUTION:** A robot hand teaching device is provided with a console having three operating bars 11-13 with three freedom and nine setters with one freedom, and the angle-stiffness teaching objective value of each joint of each finger of a robot hand RH is computed by a first arithmetic unit 2 on the basis of plural operation quantities outputted from the console. At the time of teaching and execution, each joint of each finger of the robot hand RH is driven by controlling a link driving system through a driver circuit 3B. At this time, the teaching objective value and the actual value of each joint angle and torque at the actual action time are stored in a storage device 4, and the execution time objective value of the robot hand RH is computed by a second arithmetic unit 5 from the stored teaching target value and measured value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-337860

(43)公開日 平成5年(1993)12月21日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
B25J 9/22	Z			
15/08	K	8611-3F		
	J	8611-3F		
G05B 19/18	D	9064-3H		
19/42	S	9064-3H		

審査請求 未請求 請求項の数5(全16頁)

(21)出願番号 特願平4-171568

(22)出願日 平成4年(1992)6月5日

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72)発明者 三村 宣治

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

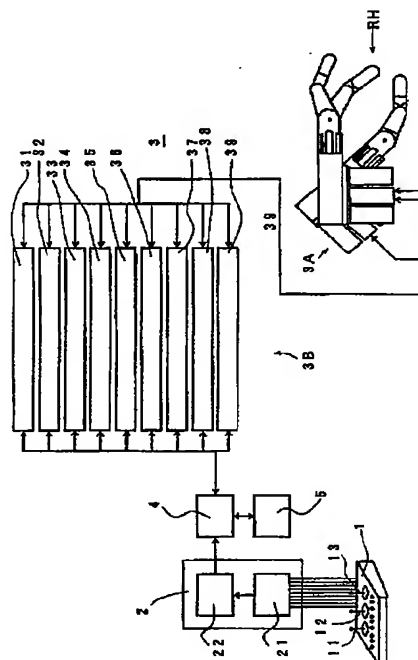
(74)代理人 弁理士 ▲高▼橋 克彦

(54)【発明の名称】 ロボットハンドの教示装置およびロボットハンド

(57)【要約】

【目的】 多指多自由度型ロボットハンドにおいて、動作教示のための操作を効率的且つ簡単にするとともに教示された動作を正確に実行すること。

【構成】 3の自由度を有する3個の操作棒11~13と1の自由度を有する9個の設定器14A~16Cを配備した操作卓1と、操作棒と設定器による操作量に基づき各指の各関節の角度、スティフネスの教示目標値を演算する第1の演算装置2と、教示時および実行時においてロボットハンドRHの各指の各関節を回転駆動するリンク駆動系3Aと9個のドライバ回路31~39で構成されるドライバ回路3Bとから成る駆動装置3と、教示目標値と教示目標値に従い動作させた時の各関節の角度およびトルクの実測値を記憶する記憶装置4と、記憶装置によって記憶した各教示目標値と実測値からロボットハンドRHの実行時における目標値を演算する第2の演算装置5とから成るロボットハンドおよびその教示装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の自由度を有し、各指の各関節の角度に関連する量を設定する操作棒と、  
各指の各関節のスティフネスに関連する量を設定する設定器と、  
設定された各指の各関節の角度およびスティフネスに関連する量に基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、  
演算された各指の各関節の教示目標値に基づき各指を駆動する駆動装置と、  
前記各指の各関節の教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクとを記憶する記憶装置とから成ることを特徴とするロボットハンドの教示装置。

【請求項 2】 複数の自由度を有し、各指の各関節の角度を設定する操作棒と、  
各指の各関節のスティフネスを設定する設定器と、  
設定された各指の各関節の角度およびスティフネスに基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、  
演算された各指の各関節の教示目標値に基づき各指の各関節を駆動する駆動装置と、  
前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とを記憶する記憶装置とから成ることを特徴とするロボットハンドの教示装置。

【請求項 3】 複数の自由度を有し、各指の指先目標位置を設定する操作棒と、  
各指の各関節のスティフネスを設定する設定器と、  
設定された各指の指先目標位置および各関節のスティフネスに基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、  
演算された各指の各関節の教示目標値に基づき各指先目標位置を教示された状態にすべく各指の各関節を駆動する駆動装置と、  
前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とを記憶する記憶装置とから成ることを特徴とするロボットハンドの教示装置。

【請求項 4】 ハンド近傍の任意の位置に想定する座標系の原点位置を複数の自由度における各設定値により設定する第 1 の操作棒と、前記原点を原点とする座標軸の方向を複数の自由度における各設定値により設定する第 2 の操作棒と、前記座標系における各指先位置を複数の自由度における各設定値により設定する第 3 の操作棒と、  
各設定器をハンドの各関節または指先座標軸に対応させて各指の各関節または指先のスティフネスを設定する設定器と、  
設定された座標系の原点位置、各座標軸方向、各指先位

置、および各指の各関節の角度または指先のスティフネスに基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、  
演算された各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値に基づき設定された座標における各指先位置と各関節の角度およびスティフネスとを教示された状態にすべく各関節を駆動する駆動装置と、  
前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とを記憶する記憶装置とから成ることを特徴とするロボットハンドの教示装置。

【請求項 5】 請求項 1 に対して、  
記憶装置に記憶された各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と上記教示目標値に基づきロボットハンドを駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とに基づき、ロボットハンドの実行時における実行目標値を演算する第 2 の演算装置を付加したことを特徴とするロボットハンド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、人間が手作業で行う各種作業を代替して行う人間類似型ロボットハンドの教示装置およびその教示内容に従い作業を行うロボットハンドに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】第 1 の従来の技術としては、実用に供されている産業用ロボットの教示装置の大部分のもので、複数のキーにより構成されたキーボードを使用し、各キーがロボットの自由度と対応しており、教示内容をそれぞれ設定するものであった。

【0003】第 2 の従来技術としては、操作者の手の各部にセンサを取り付け、操作者の手の動きとロボットハンドの動きが対応するように教示するものがあった。

【0004】第 3 の従来技術としては、ハンドの各操作量のある基準座標で表し、直接数値データとしてプログラム中に記述し、動作プログラムとして与えて教示するものがあった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記第 1 の従来技術は、多指多自由度構造のロボットハンドにおいては相互に関連する複数の指および複数の関節の動作を同時に教示する必要があるため、操作が非常に煩雑となり、実用的で無いか教示が困難な場合も有するという問題があった。

【0006】上記第 2 の従来技術は、人の手の構造および大きさとロボットハンドのそれとが殆どの場合一致していないため、うまく教示が出来ないとともに、教示装置自体が大掛かりで複雑なため工業用としては適さないという問題があった。

【0007】上記第 3 の従来技術は、一般の工業部品の

ように形状および配置が複雑な対象物を取り扱う場合、前記各操作量のデータが膨大となり、殆どの場合実用上困難であるという問題があった。

【0008】そこで本発明者は、ロボットハンドの複数の自由度の教示値の設定を一度の操作により行えば教示が簡単になるという本発明の技術的思想に着眼し、研究開発を重ねた結果、複数の自由度を有する複数の操作棒と複数の設定器によりロボットハンドの教示のための設定を行う本発明に到達し、教示のための操作および準備作業が簡単であり、大掛かりな装置が不要であるという目的を実現するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明（請求項1に記載の第1発明）のロボットハンドの教示装置は、複数の自由度を有し、各指の各関節の角度に関連する量を設定する操作棒と、各指の各関節のスティフネスに関連する量を設定する設定器と、設定された各指の各関節の角度およびスティフネスに関連する量に基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき各指を駆動する駆動装置と、前記各指の各関節の教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクとを記憶する記憶装置とから成るものである。

【0010】本発明（請求項2に記載の第2発明）のロボットハンドの教示装置は、複数の自由度を有し、各指の各関節の角度を設定する操作棒と、各指の各関節のスティフネスを設定する設定器と、設定された各指の各関節の角度およびスティフネスに基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき各指の各関節を駆動する駆動装置と、前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とを記憶する記憶装置とから成るものである。

【0011】本発明（請求項3に記載の第3発明）のロボットハンドの教示装置は、複数の自由度を有し、各指の指先目標位置を設定する操作棒と、各指の各関節のスティフネスを設定する設定器と、設定された各指の指先目標位置および各関節のスティフネスに基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき各指先目標位置を教示された状態にすべく各指の各関節を駆動する駆動装置と、前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とを記憶する記憶装置とから成るものである。

【0012】本発明（請求項4に記載の第4発明）のロボットハンドの教示装置は、ハンド近傍の任意の位置に想定する座標系の原点位置を複数の自由度における各設

定値により設定する第1の操作棒と、前記原点を原点とする座標軸の方向を複数の自由度における各設定値により設定する第2の操作棒と、前記座標系における各指先位置を複数の自由度における各設定値により設定する第3の操作棒と、各設定器をハンドの各関節または指先座標軸に対応させて各指の各関節または指先のスティフネスを設定する設定器と、設定された座標系の原点位置、各座標軸方向、各指先位置、および各指の各関節の角度または指先のスティフネスに基づき各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値を演算する演算装置と、演算された各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値に基づき設定された座標における各指先位置と各関節の角度およびスティフネスとを教示された状態にすべく各関節を駆動する駆動装置と、前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、駆動装置により駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とを記憶する記憶装置とから成るものである。

【0013】本発明（請求項5に記載の第5発明）のロボットハンドは、第1発明に対して記憶装置に記憶された各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と上記教示目標値に基づきロボットハンドを駆動した時の各指の各関節の角度およびトルクの実測値とに基づき、ロボットハンドの実行時における実行目標値を演算する第2の演算装置を付加したものである。

【0014】

【作用】上記構成より成る第1発明のロボットハンドの教示装置は、各指の各関節の角度およびスティフネスに関連する量が設定され、設定に基づき演算装置により各指の各関節の教示目標値が演算され、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき駆動装置により各指の各関節を駆動し、前記各指の各関節の教示目標値と教示目標値に基づき駆動された時の各指の各関節の角度およびトルクとを記憶装置により記憶する。

【0015】上記構成より成る第2発明のロボットハンドの教示装置は、各指の各関節の角度が設定棒により設定されるとともに、各指の各関節のスティフネスが設定され、設定された各指の各関節の角度およびスティフネスに基づき演算装置により各指の各関節の教示目標値が演算され、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき駆動装置により各指の各関節を駆動し、前記各指の各関節の教示目標値と教示目標値に基づき駆動された時の各指の各関節の角度およびトルクとを記憶装置により記憶する。

【0016】上記構成より成る第3発明のロボットハンドの教示装置は、各指の指先目標位置が設定棒により設定されるとともに、各指の各関節のスティフネスが設定され、設定された各指の指先目標値および各関節のスティフネスに基づき演算装置により各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値が演算され、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき駆動装置により各指

の各関節を駆動し、前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、教示目標値に基づき駆動された時の各指の各関節の角度およびトルクとを記憶装置により記憶する。

【0017】上記構成より成る第4発明のロボットハンドの教示装置は、ハンド近傍の任意の位置に想定する座標系の原点位置を第1の操作棒により設定し、前記原点を原点とする座標軸の方向を第2の操作棒により設定し、座標系における各指先位置を第3の操作棒により設定するとともに各指の各関節軸または指先のスティフネスを設定器により設定し、設定された座標系の原点位置、各座標軸方向、各指先位置および各指の各関節の角度または指先のスティフネスに基づき各指の各関節の教示目標値を演算装置により演算し、演算された各指の各関節の教示目標値に基づき駆動装置により各指の各関節を駆動し、前記各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と、教示目標値に基づき駆動された各指の各関節の角度およびトルクを記憶装置により記憶する。

【0018】上記構成より成る第5発明のロボットハンドは、記憶装置に記憶した各指の各関節の角度およびスティフネスの教示目標値と教示目標値に基づきロボットハンドを駆動した時の各関節の角度およびトルクの実測値とを読み出し、これらに基づきロボットハンドの実行時の実行目標値を演算し、この実行目標値に基づき駆動装置によって各指の各関節を駆動し、教示された動作を実行する。

【0019】

【発明の効果】上記作用を奏する第1発明のロボットハンドの教示装置は、操作棒と設定器による設定に対応して各指の各関節の角度およびスティフネスを教示することができるので、簡単な操作により教示を可能にするという効果を奏する。

【0020】上記作用を奏する第2発明のロボットハンドの教示装置は、操作棒と設定器による設定により各指の各関節の角度およびスティフネスを直接的に教示することができるので、物体の把持動作のように、関節角度とトルクを同時に教示する必要がある場合、操作棒の角度の教示動作のみによって、関節角度とトルクを同時に教示することができるとともに、対象物の安定な把持や材質に応じた把持を教示することができるという効果を奏する。

【0021】上記作用を奏する第3発明のロボットハンドの教示装置は、操作棒と設定器による設定により各指の指先目標位置および各関節のスティフネスを教示することができるので、簡単に短時間の教示操作により複数の関節の動作を同時に教示することができるという効果を奏する。第2発明では関節毎に角度（位置）とトルク（力）を同時に教示できたが、本第3発明では、指毎に位置と力を教示することが可能となるため、教示がより簡単になるという作用効果を有する。

【0022】上記作用を奏する第4発明のロボットハンドの教示装置は、操作棒と設定器による設定により、任意の座標系における各指先位置および各関節のスティフネスを同時に教示することができるので、第2および第3発明に比べ簡単に短時間の教示操作により複数の指の位置と力の動作を同時に教示することができるという効果を奏する。

【0023】上記作用を奏する第5発明のロボットハンドは、記憶装置に記憶した教示目標値と教示目標値に基づきロボットハンドを駆動した時の各関節の角度およびトルクの実測値により、ロボットハンドを駆動するので、教示時と全く同じ対象物に関しては、教示された位置と力の動作を正確に実行することができるという効果を奏する。また、教示時の角度・トルクの実測値を参照データとして用いることにより、指先の接触検出、把持状態の確認、把持位置・力の補正を容易に行うことができるという実用上多大な作用効果を有する。

【0024】

【実施例】次に本発明の実施例について、図面を用いて説明する。

【0025】（第1実施例の構成）第1実施例のロボットハンドおよびその教示装置（以下単に教示装置と言う）は、図1ないし図5に示すようにそれぞれが3の自由度を有する3個の操作棒11、12、13と1の自由度を有する9個の設定器14A～14C、15A～15C、16A～16Cとを配設した操作卓1と、操作棒11～13、設定器14A～16Cの操作量に基づき各指の各関節の関節角、トルクおよびスティフネスの教示目標値を演算する第1の演算装置2と、教示時および実行時においてロボットハンドRHの各指の各関節を回転駆動する9個のドライバ回路31～39を有する駆動装置3と、教示目標値と教示目標値に従い動作させた時の各関節角およびトルクの実測値を記憶する記憶装置4と、記憶装置4によって記憶した各教示目標値と実測値からロボットハンドRHの実行時における実行目標値を演算する第2の演算装置5とから成る。

【0026】操作棒11～13は、図2に示すように3個のパルスエンコーダ11AE～13CEが装着されており、ハンドの各教示関節角目標値として設定された3つの自由度の操作方向の操作量 $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$ 、 $\theta_{13}$ （ $i=1,2,3$ ）を電気的に検出する構成になっている。

【0027】設定器14AE～16CEは、図2に示すようにそれぞれパルスエンコーダ14AE～16CEに機械的に連結した設定つまみで構成され、ハンドの各関節の教示スティフネス値として設定された操作量を電気的に検出する構成になっている。

【0028】第1の演算装置2は、図1に示すように操作棒11～13および設定器14A～16Cの操作量を読み込むとともにデジタル量に変換するA-D変換器21と、デジタル量に変換された操作量に基づきハン

ドの各指の各関節を駆動するための関節角、関節トルクおよび関節スティフネスの教示目標値を演算する演算回路22とから成る。

【0029】上記第1の演算装置2において、各操作棒11~13の各自由度の設定値 $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$ 、 $\theta_{13}$ をハンドの各教示時関節角目標値とし、各設定器14A~16Aの設定値をハンドの各教示時関節スティフネス値とるように構成したことが特徴である。

【0030】第1実施例における教示原理は、図2に示すように各操作棒11~13の自由度とハンドの関節角目標値とが一对一に対応するため、ハンドの指が外部環境に接触していない場合は、教示時において各操作棒を\*

$$T_{ij} - T_{uij} = K_{ij} \times (\theta_{uij} - \theta_{ij})$$

【0032】駆動装置3は、図3に示すように各関節毎のリンク駆動系ユニットで構成されるリンク駆動系3Aとドライバ回路3Bとから成り、ドライバ回路3Bは各指の各関節に対応するドライバ回路31~39で構成される。

【0033】リンク駆動系3Aの各リンク駆動系ユニットは、電動機3Mと、電動機3Mの回転を減速する減速機3Gと、減速機3Gの出力軸の先端に固着した駆動プーリ3Pと、駆動プーリ3Pの動力伝取装置を伝達するワイヤロープ3Wと、ワイヤロープ3Wによりアイドルプーリ3Iを介して動力が伝達されるジョイントプーリ3Jと、ジョイントプーリ3Jに固着したリンク3Lと、アイドルプーリ3Iを一端に形成し他端を固着した片持梁構造の部材3Nと、部材3Nに配設されアイドルプーリ3Iに作用しているトルクに応じて生ずる歪を検出することによりリンク3Lに作用しているジョイントトルクを検出するトルクセンサ3Tと、ジョイントプーリ3Jに配設されリンク3Lの回転角度を検出する角度センサ3Rとから成る。

【0034】ドライバ回路3Bの各ドライバ回路31~39

$$N_m \approx (V_g - I_m \cdot R_m) / K_v$$

【0036】可変定電流源3Dへの電流指令値を $I_{mt}$ とすると、可変定電流源3Dは、定電流特性を有するので、電動機3Mの負荷や回転数が変動しても、可変定電流源3Dの出力電流は、電流指定値と常に等しくなるよ★40

$$N_m \approx (V_g - I_{mt} \cdot R_m) / K_v$$

【0038】数3において、電動機ロータ抵抗 $R_m$ と逆起電力常数 $K_v$ は電動機固有で既知であるから、可変定電流源3Dへの電流指令値 $I_{mt}$ と電動機電圧 $V_g$ とが分かれば、電動機回転速度 $N_m$ を求めることができる。上述のように、速度オブザーバ30は、数3によって構成され、数3に従い電動機回転数を推定し、補償器3Cへフィードバックするものである。記憶装置4は、教示目標値に基づき上述した駆動装置3によるロボ

\* 操作すると、その操作量に応じ対応する関節が変位し、関節変位量を教示することができる。また、上記関節変位を与えた結果指が外部環境と接触した場合、さらに操作棒を指が外部環境の方向に操作すると、以下に示す数1のように操作棒の外部環境に接触してからの操作量である教示時関節角目標値 $\theta_{uij}$  および関節トルク目標値 $T_{uij}$  と対応する関節の設定器によって予め設定されている関節スティフネス値 $K_{ij}$  により関節トルクが発生し、関節トルク値 $T_{ij}$  を教示することができる。 $\theta_{ij}$  は、実際の関節角度である。

【0031】

【数1】

(1)

※ 39は、角度センサ3Rによって検出した各リンク間の角度 $\theta_{ij}$  と設定された角度目標値 $\theta_{uij}$  との偏差( $\theta_{uij} - \theta_{ij}$ )に仮想バネ定数を乗算して仮想トルクを出力する乗算器3Kと、仮想トルクにトルク目標値を加えたトルク指令 $T_{uij}$  とトルクセンサ3Tが検出したジョイントトルク $T_{ij}$  との偏差( $T_{uij} - T_{ij}$ )による修正トルク指令と後述する推定電動機回転速度とから電流指令値を出力する補償器3Cと、電流指令値に基づき電動機3Mに供給する電動機電圧を制御する可変定電流源3Dと、電動機電圧と電流指令値とから推定電動機回転速度を推定し、前記補償器3Cに出力する速度オブザーバ30とから成る回路31ないし39で構成される。電動機3Mのロータインダクタンスが非常に小さく殆ど無視できるとき、電動機3Mの推定電動機回転数 $N_m$ に関して、つぎの数2が成立する。ただし数2中 $V_g$ は、実測した電動機電圧であり、 $I_m$ は、可変定電流電源出力電流であり、 $R_m$ は、電動機のロータ抵抗であり、 $K_v$ は、電動機の逆起電力常数である。

【0035】

【数2】

(2)

★うに制御されている。したがって、上記数2は、以下の数3のように示すことができる。

【0037】

【数3】

(3)

ットハンドの動作後の各関節角度およびトルクの実測値を教示目標値とともに記憶する。

【0039】第2の演算装置5は、記憶装置4に記憶した教示目標値とロボットハンドの動作後の各関節角度およびトルクの実測値に基づき、ハンドの実行時の動作のための実行時の目標値を演算する。

【0040】(第1実施例の教示手順) 第1実施例装置における教示手順は、図5に示すようにまず第1指に対

応する第1番目 ( $i=1$ ) の操作棒11の設定値 ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) を読み込むとともに、設定器14AE~14CEの設定値である  $K_{ij}$ 、( $j=1,2,3$ ) を第1指関節スティフネス値とする。

【0041】 ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) を第1指関節角目標値  $\theta_{i1}$  すなわち  $\theta_{i11}$ 、 $\theta_{i12}$ 、 $\theta_{i13}$  とするとともに、第1番目の設定器14AE~14CEの設定値  $K_{ij}$ 、すなわち  $K_{i1}$ 、 $K_{i2}$ 、 $K_{i3}$  を読み込む。

【0042】この  $\theta_{i11} \sim \theta_{i13}$ 、 $K_{i1} \sim K_{i3}$  を目標値として第1指を駆動するとともに、各関節角度  $\theta_{ij}$  すなわち  $\theta_{i1} \sim \theta_{i3}$ 、トルク  $T_{ij}$  すなわち  $T_{i1} \sim T_{i3}$  を角度センサ3Rおよびトルクセンサ3Tにより計測する。

【0043】次に第2指および第3指について同様の教示を行い、各指の現在位置を教示点とするときは、 $\theta_{i1}$ 、 $\theta_{ij}$ 、 $T_{ij}$ 、 $K_{ij}$  ( $i=1,2,3$ 、 $j=1,2,3$ ) を記憶装置4に記憶して、教示を終了する。

【0044】(第1実施例の作用・効果) 上記構成の第1実施例装置は、各操作棒のみによって各指の各関節変位と、指が外部環境に接触したときの関節トルクを教示することができるとともに、教示時間を著しく短縮するという作用効果を奏する。

【0045】一般に多指構造のハンドによって物体を把持する場合、対象物に対する指の位置と把持力を指定する必要があるが、第1実施例装置によれば、操作棒の操作のみによって指の位置の設定が可能であり、指の位置を設定する時に、指が外部環境に接触しても各設定器によって設定された関節スティフネス値によって過大なトルクの発生を防止できるため、指の位置設定すなわち対象物の形状に応じた把持、対象物の姿勢、位置の教示が容易に行えるという作用効果を奏する。

【0046】さらに本第1実施例装置は、上述のように予め関節スティフネス値  $K_{ij}$  を設定しておくことによって、各操作棒の操作のみによって指の位置と把持力の設定が可能となり、対象物の種類に応じた安定な把持の教示が比較的簡単に行うことができるという実用上の作用効果を奏する。

【0047】即ち、把持作業では、従来のロボットアームによる位置決め動作のように単に位置のみ教示するだけでなく、対象物によっては把持力をも教示しなければならない。しかし把持力は位置と異なり直接指定することが困難であるため、何故なら人は位置に関しては視覚情報により容易に確認できるが、把持力に関しては確認する手段がなく通常行っている作業に関しても把持力を具体的に示すことができないので、実際と同様の把持作業により上述の如く教示するのが最も実用的であり、且つ効率的である。

【0048】上記構成の第1実施例のロボットハンドは、作業実行時には教示目標値を実行時の目標値としているため、ハンドと外部環境との相対的位置関係が教示時と同一であれば、教示時と同じ把持位置および

把持力を実行時において再現することが出来るという作用効果を奏する。さらに、教示時における角度とトルクの実測値とを記憶しているため、それらの実測値を参照データとして用いることにより、指先の接触検出、把持状態の確認、把持位置・力の補正等を容易に行うことができるという作用効果を有する。

【0049】また本第1実施例のロボットハンドは、教示時に把持作業を行いたい実部品を用いて指と実部品との位置関係を教示者が目で確認し、更に実部品の把持力と適切な把持状態を関節毎に直接教示するので、対象物の把持教示の修正に適しており、実行時において最適な把持状態を容易に再現することができるという効果を奏する。

【0050】(第2実施例) 第2実施例のロボットハンドおよびその教示装置は、上述の第1実施例装置に対して設定方法および教示目標値の演算方法が異なり、すなわち設定棒による設定量および教示目標値を演算する第1の演算装置23が異なる。

【0051】図6は、第2実施例における目標値演算原理を説明するための図で、ロボットハンドRHの各指の第1関節に固定した座標系  $\Sigma i$  ( $i=1,2,3$ ) を予め定義しておく。各操作棒とこの座標系  $\Sigma i$  と対応させ各操作棒11~13の各自由度の設定値 ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) により、座標系  $\Sigma i$  で表した指先の点の3つの座標値を決定する。

【0052】第1の演算装置23は、次に各指先位置が上記操作棒による設定点と一致させるための各関節角度を演算する演算手段を有し、この各関節角度値を教示時関節目標値として、第1実施例と同様にハンドの各指を駆動する。尚、設定器等の構成については第1実施例と同様のため説明を省略する。

【0053】記憶装置4は、第1実施例と同様に演算装置23によって生成した各教示時目標値と教示時目標値に従い実際にハンドが到達したときの各関節角度およびトルクの実測値に加え各操作棒で設定した  $\Sigma i$  直交座標系における指先の点の座標値 ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) を記憶する。

【0054】実行時の目標値を生成する第2の演算装置5は、第1実施例と同様に教示時に生成したハンドの教示時の各関節角、トルクおよび設定器で設定したスティフネスの教示目標値を実行時の目標値とする。

【0055】(第2実施例の教示手順) 第2実施例装置における教示手順は、図7に示すようにまず第1指に対応する第1番目 ( $i=1$ ) の操作棒11の設定値 ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) を読み込むとともに、 $K_{ij}$ 、( $j=1,2,3$ ) を第1指関節スティフネス値とする。

【0056】( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) を座標系  $\Sigma 1$  で表した第1指指先座標値とするとともに、この ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) により第1指関節角  $\theta_{i1}$  すなわち  $\theta_{i11}$ 、 $\theta_{i12}$ 、 $\theta_{i13}$  を演算し、第1番目の設定器1



4 A E ~ 1 4 C E の設定値  $K_{ij}$  すなわち  $K_{11} \sim K_{13}$  を読み込む。

【0057】この  $\theta_{111} \sim \theta_{113}$ 、 $K_{11} \sim K_{13}$  を目標値として第1指を駆動するとともに、各関節角度  $\theta_{ij}$  すなわち  $\theta_{11} \sim \theta_{13}$ 、トルク  $T_{ij}$  すなわち  $T_{11} \sim T_{13}$  を角度センサ3 R およびトルクセンサ3 T により計測する。

【0058】次に第2指および第3指について同様の教示を行い、各指の現在位置を教示点とするときは  $\theta_{1ij}$ 、 $\theta_{ij}$ 、 $T_{ij}$ 、 $K_{ij}$  ( $j=1,2,3$ ) を記憶装置4に記憶して、教示を終了する。

【0059】上記構成の第2実施例装置は、複数の教示時の指先の点の座標値 ( $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ) の間を指先が移動する場合に、点在する座標間を滑らかにつなぐ必要があるが、新しい座標値を容易に補間できるため、より少ない教示点で滑らかな動作を実現するという作用効果を奏する。

【0060】また第2実施例装置は、第1実施例装置のように操作棒の操作によって関節毎に動かすのではなく、指先の位置を直接操作棒によって設定教示できるため、第1実施例装置に比べ指先の動作教示が迅速且つ簡単になるという作用効果を奏する。

【0061】(第3実施例) 第3実施例のロボットハンドおよびその教示装置は、図8ないし図10に示すように上述の第1実施例装置に対して設定方法および教示目標値の演算方法が異なり、すなわち設定棒による設定量および教示目標値を演算する第1の演算装置24が異なる。

【0062】図8は、第3実施例における目標値演算原理を説明するための図で、ロボットハンドの任意の位置に固定した座標系  $\Sigma h$  ともう一つ別の座標系  $\Sigma f$  を設定する。

【0063】第1番目の操作棒11の各自由度と座標系  $\Sigma h$  で表した座標系  $\Sigma f$  の原点座標 ( $X_r$ 、 $Y_r$ 、 $Z_r$ ) を対応させる。第2番目の操作棒12の各自由度\*

$$A' = C \times A$$

$$B' = C \times B$$

$$D' = (\sqrt{3}/2) \times A'$$

【0067】上記数4からも明らかなように、正三角形の重心を座標系  $\Sigma f$  の原点としており、三角形を正三角形からのずれで表現するとともに、第3番目の自由度の操作による設定値Cにより、相似形状的に指先を移動させるものである。

【0068】第1の演算装置は、上記操作棒11~13の設定による各指先位置を実現する各関節角度を演算する演算手段を有し、教示時の関節角目標値とする。他は上述の実施例と同様であり、説明を省略する。

【0069】(第3実施例の教示手順) 第3実施例装置における教示手順は、図10に示すように、最初第1の操作棒11の設定値を読み込むとともに、設定器14A

\*と座標系  $\Sigma h$  で表した座標系  $\Sigma f$  の座標軸の方向を座標系  $\Sigma h$  の座標軸からのオイラー回転角 ( $\xi_r$ 、 $\eta_r$ 、 $\zeta_r$ ) によって対応させる。第3番目の操作棒13の各自由度 (A、B、C) と3つの各指先位置と対応させる。

【0064】3つの指先 RH1、RH2、RH3 を含む平面を座標系  $\Sigma f$  の  $X_f Y_f$  平面とする。この平面内で各指先の相対関係を設定する。このようにすると、第1番目と第2番目の操作棒11、12によって前記指先を含む平面 (座標系  $\Sigma f$  の  $X_f Y_f$  平面) の位置と方向

(6自由度) を設定できるので、各指先の相対位置関係を保ったまま任意の6自由度の動作を設定できる。即ち、物体を把持したままの状態における物体の6自由度、いわゆる6自由度の操り動作の設定が可能になる。

【0065】第3番目の操作棒13による指先位置の設定方法を図9により説明する。図8に示すように各指先は、座標系  $\Sigma f$  の  $X_f Y_f$  平面上で三角形 (ハンドの把握三角形) を構成する。従って、各指先の相対関係を設定することは、座標系  $\Sigma f$  の  $X_f Y_f$  平面上で任意の三角形を設定することに相当する。座標系  $\Sigma f$  の原点と前記三角形の相対関係は任意であるので、即ち前記のように第1操作棒により座標系  $\Sigma f$  の原点位置を移動できるので、座標系  $\Sigma f$  の原点を基準として三角形を設定する。まず、第1自由度の設定値をAとし第1および第2指の指先 RH1 および RH2 間距離A' に対応させる。第2自由度の設定値をBとし図9に示す距離B' に対応させる。これにより任意の形状の三角形を設定できる。ただし上記の操作によれば、三角形の大きさを指定できないので、第3番目の自由度により三角形の大きさを設定する。即ち、第3番目の自由度の設定値をCとして、数4に示すように座標系  $\Sigma f$  における各指先位置を設定する。

【0066】

【数4】

(4)

E ~ 1 4 C E の設定値  $K_{ij}$  すなわち  $K_{11} \sim K_{13}$  を読み込み、操作棒11による設定値により座標系  $\Sigma f$  で表した把握三角形を計算する。

【0070】この把握三角形より座標系  $\Sigma h$  で表した第1指指先座標値 ( $X_1$ 、 $Y_1$ 、 $Z_1$ ) を演算するとともに、この座標値 ( $X_1$ 、 $Y_1$ 、 $Z_1$ ) より第1指関節角  $\theta_{11j}$  すなわち  $\theta_{111}$ 、 $\theta_{112}$ 、 $\theta_{113}$  を演算する。

【0071】上記設定値  $K_{11}$ 、 $K_{12}$ 、 $K_{13}$  を第1指関節スティフネス値として、関節角  $\theta_{111}$ 、 $\theta_{112}$ 、 $\theta_{113}$  およびスティフネス値  $K_{11}$ 、 $K_{12}$ 、 $K_{13}$  を目標値として指を駆動し、関節角度  $\theta_{ij}$  すなわち  $\theta_{11} \sim \theta_{13}$ 、トルク  $T_{ij}$  すなわち  $T_{11} \sim T_{13}$  を角度センサ3 R およびトルク



センサ3 Tにより計測する。

【0072】次に第2指および第3指について同様の教示を行い、各指の現在位置を教示点とするときは、 $\theta_{ij}$ 、 $\theta'_{ij}$ 、 $T_{ij}$ 、 $K_{ij}$ 、( $i=1,2,3$ 、 $j=1,2,3$ )を記憶装置に記憶して、教示を終了する。

【0073】上記構成より成る第3実施例装置は、第3の操作棒13の第3番目の自由度であるCの操作設定により、前記ハンドの把握三角形が相似的に拡大縮小するように、各指先を協調的に動かすことが可能となるため、円筒形状等の対象物の把持教示において、他の教示方法よりも教示し易いという作用効果を奏する。

【0074】また第3実施例装置は、上記数4におけるA'をAと、B'をBと、C'をCと等しく設定することも可能であるとともに、第3の操作棒13の第3番目の自由度であるCを操作することにより、指1および2と指3との相対距離が変化するように各指先を協調的に動かすことが可能であるため、例えば板状の対象物の把持教示において、他の教示方法よりも教示し易いという作用効果を奏する。

【0075】さらに第3実施例装置は、第1実施例装置のように関節毎に動かすのではなく、また第2実施例のように指毎に動かすのではなく、複数の指先の位置を直接直交座標系で動かし教示できるため、第1実施例装置に比べ動作教示が迅速且つ簡単になるという作用効果を奏する。なお、本実施例教示法は、把握三角形を複数個定義することにより、4本以上の指を有するハンドの教示にも適用できる。

【0076】(第4実施例)第4実施例のロボットハンドおよび教示装置は、図11および図12に示すように第1、第2、第3実施例装置の各A-D変換器および第1の演算装置22~24をそれぞれ並設し、スイッチコントローラSCからの指令に従い切換スイッチS1およびS2により、把持対象物あるいは把持方法に応じた第1の演算装置22~24に切り換えて、最適な教示目標値を演算し、それに基づくロボットハンドの駆動を実現するものである。

【0077】図12に示すように、対象物を指の腹を使ってしっかり握る動作を教示する場合を考えると、まず全ての指を広げた後対象物を握るために適当と考えられる状態に近い位置までは第3実施例の教示法により教示する。

【0078】上記近い位置まで到達してから、第2実施例の教示方法に切り換えて、各指毎に教示を行い各指先位置の微調整を行い、より対象物の近くまで各指の指先位置を教示する。

【0079】図12に示すような握り把持では、第1実施例の教示方法に切り換えて、指を構成するできるだけ多くのリンクが対象物に接するようにして、微調整を行い最適な握り把持姿勢を教示する。

【0080】上記構成の第4実施例装置は、指を広げた

後近づくまでの間は第3実施例の教示法により教示するので、3つの指を同時に移動させることができるため、3つの指の相対位置関係を比較的容易かつ迅速に設定できるという作用効果を奏する。

【0081】また第4実施例装置は、第3実施例の教示方法から第2実施例の教示方法に切り換えて各指毎に教示を行い、指先位置の教示を行うので、第3実施例の教示方法では全ての指が同時に動くため、全ての指が対象物に同時に接するような教示が困難であるのに対し、対象物の近くまでの各指の指先位置の微調整を行うことができるという作用効果を奏する。

【0082】さらに第4実施例装置は、握り把持においては第1実施例の教示方法で行うので、第2および第3実施例の教示方法は指を迅速に動かすには適当であるが、握り把持においては複数のリンクが同時に動くため教示が困難であるのに対し、リンク毎の動作が可能であり、対象物から指の腹が離れている場合においてもそれを修正することが容易であるので、把持教示に適しており、微調整を行い最適な握り把持姿勢の教示を可能とし、その姿勢での実行時における実行を可能にするという作用効果を奏する。

【0083】また第4実施例装置は、状況に応じ最も適当と考えられる教示方法を選択することが可能になるので、把持教示時間を短縮するとともに、最適な把持および把持姿勢を教示することができるという実用上多大の作用効果を奏する。

【0084】上述の実施例は、説明のために例示したもので、本発明としてはそれらに限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載から当業者が認識することができる本発明の技術思想に反しない限り変更および付加が可能である。

【0085】上述の実施例の教示装置において、操作棒と設定器により設定する量について代表例を示したが、対象物の種類、形状、把持姿勢、把持力その他必要に応じ実施例に例示していない量について設定することが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例装置全体を示すシステム図である。

【図2】第1実施例装置の教示原理を説明するための説明図である。

【図3】第1実施例装置の駆動装置を示すブロック図である。

【図4】第1実施例装置の記憶装置とドライバ回路との接続関係を示すブロック図である。

【図5】第1実施例装置の教示手順を示すフローチャート図である。

【図6】第2実施例装置の教示原理を説明するための説明図である。

【図7】第2実施例装置の教示手順を示すフローチャー

ト図である。

【図8】第3実施例装置の教示原理を説明するための説明図である。

【図9】第3実施例装置の指先位置の設定方法を説明するための説明図である。

【図10】第3実施例装置の教示手順を示すフローチャート図である。

【図11】第4実施例の装置全体を示すシステム図である。

【図12】第4実施例装置による把持態様を説明するための説明図である。

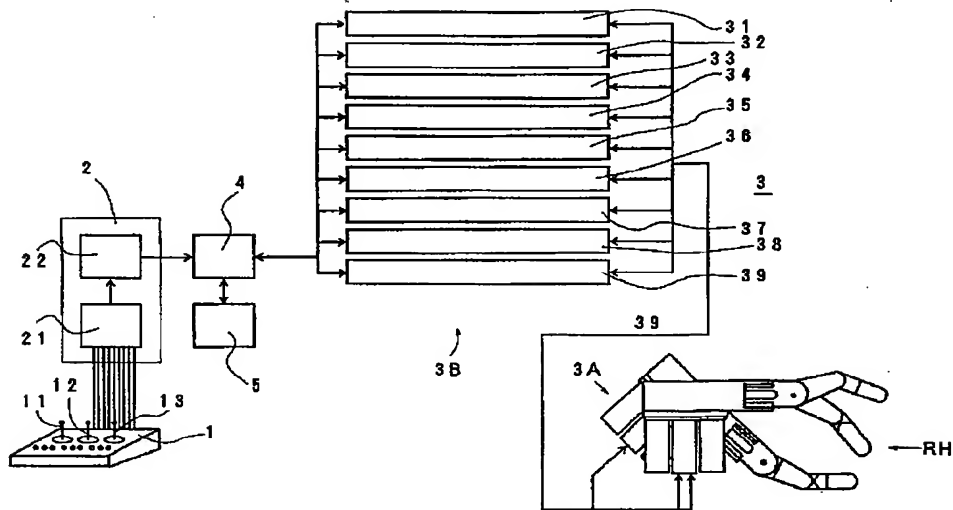
【符号の説明】

- 1 操作卓
- 2 第1の演算装置
- 3 駆動装置
- 4 記憶装置
- 5 第2の演算装置
- 11、12、13 操作棒
- 14A、14B、14C、15A、15B、15C、16A、16B、16C 設定器

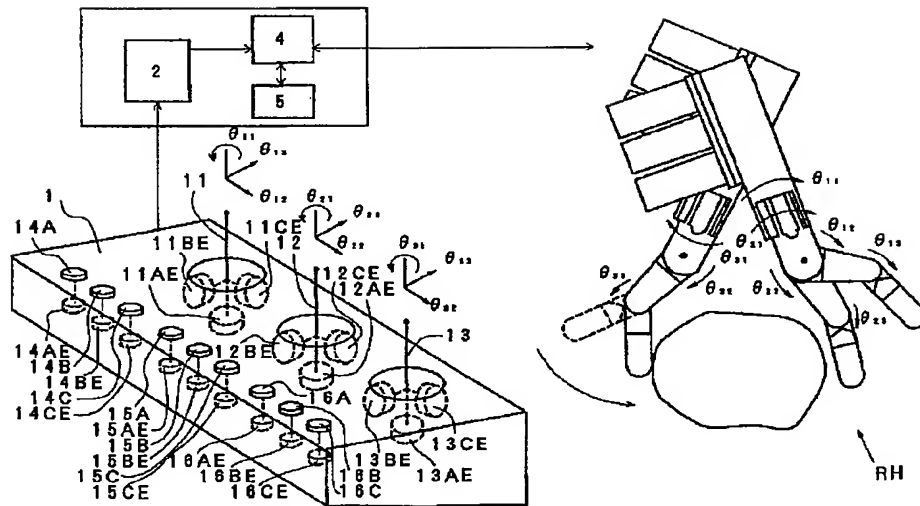
- \* 21 A-D変換器
- 22、23、24 演算回路
- 3A リンク駆動系
- 3B ドライバ回路
- 31、32、33、34、35、36、37、38、39 各関節に対応するドライバ回路
- 3M 減速機
- 3P 駆動プーリ
- 3W ワイヤロープ
- 3I アイドルプーリ
- 3J ジョイントプーリ
- 3L リンク
- 3N 部材
- 3R 角度センサ
- 3T トルクセンサ
- 3K 乗算器
- 3C 補償器
- 3D 可変定電流源
- 3O 速度オブザーバー

\*20

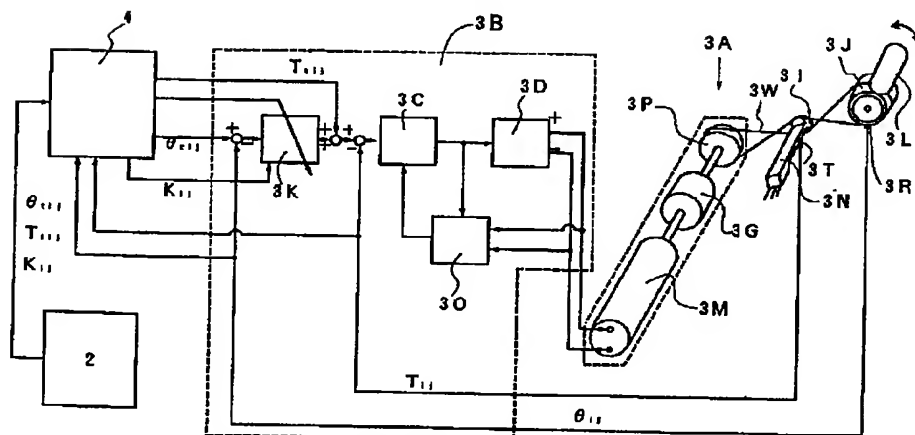
【図1】



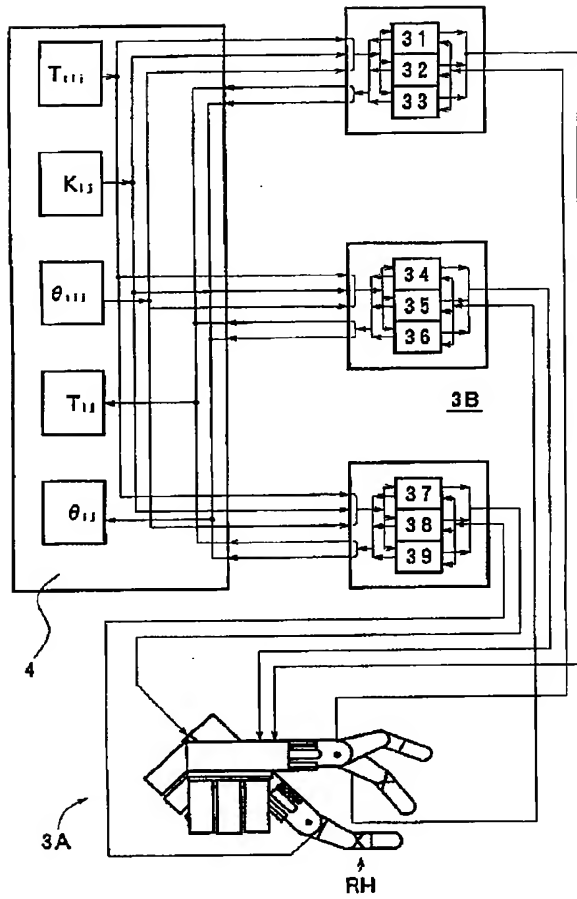
【図2】



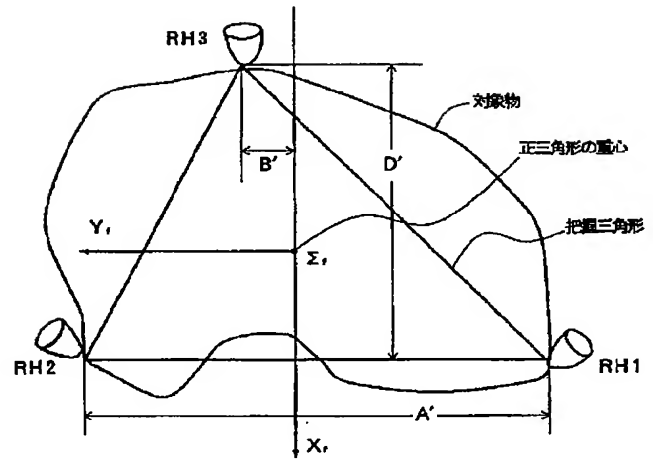
【図3】



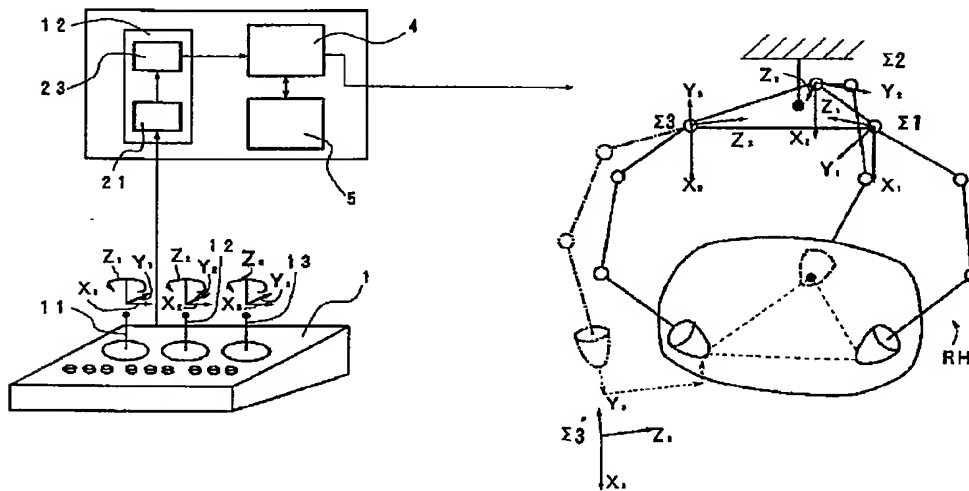
【図4】



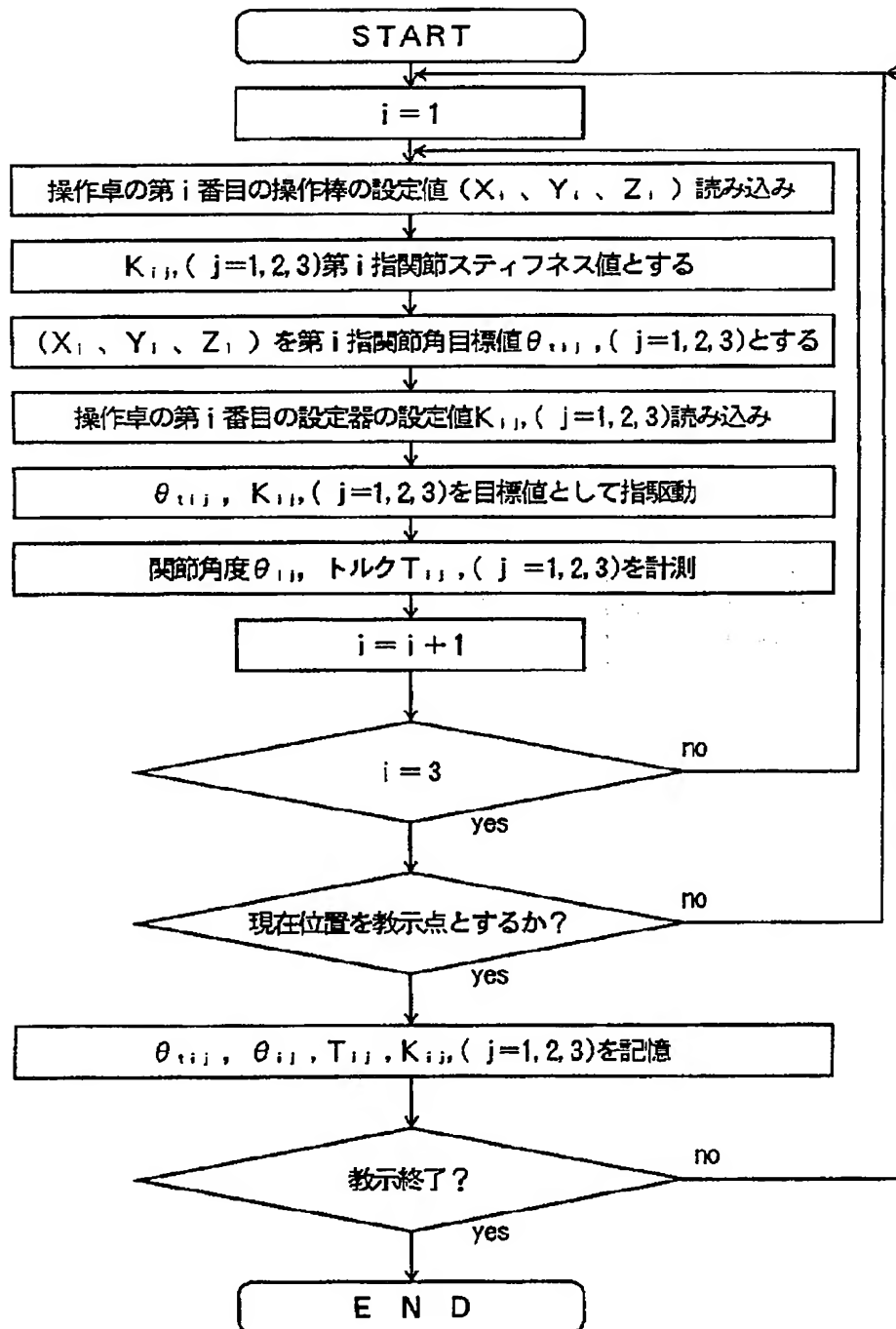
【図9】



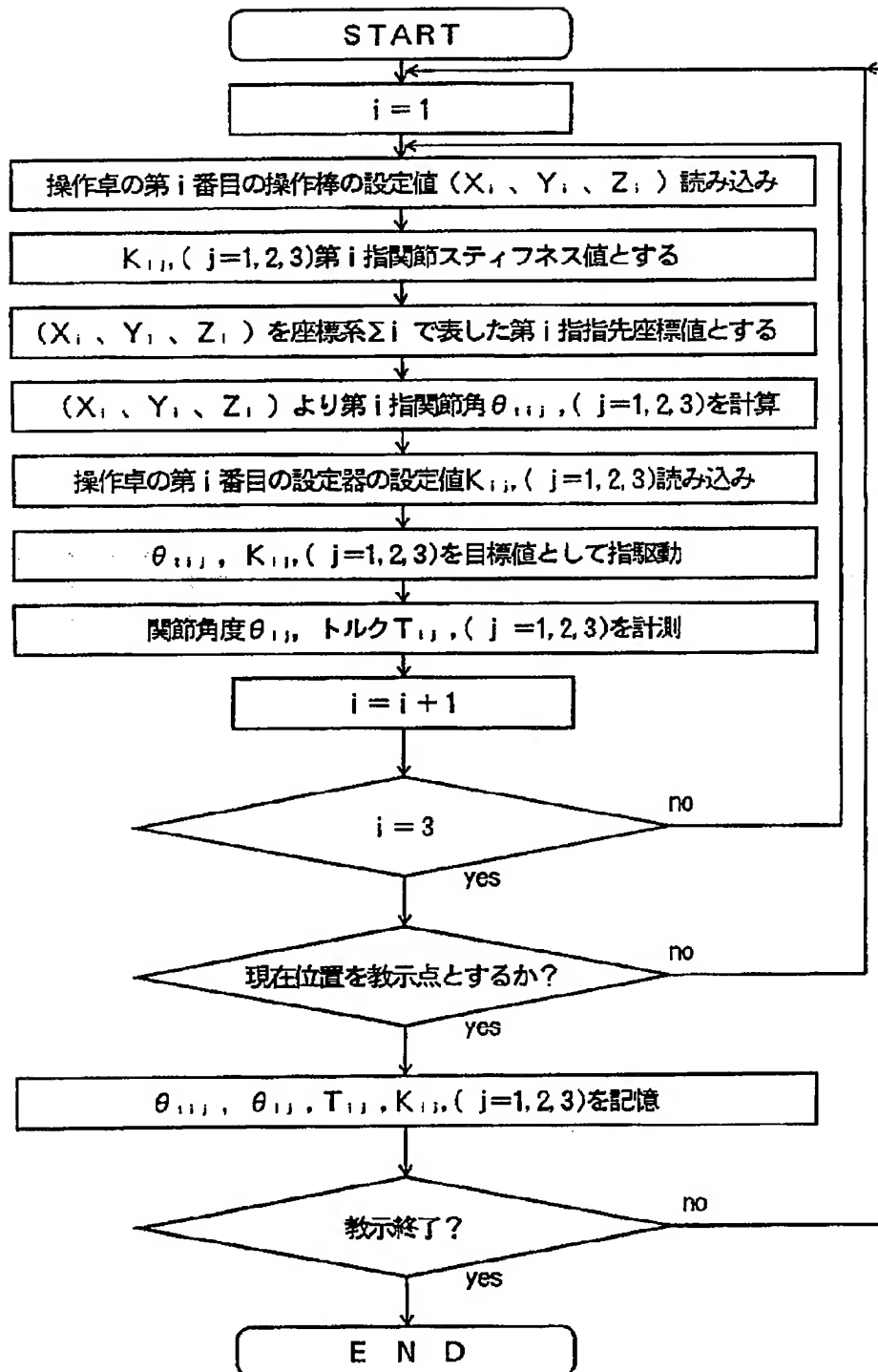
【図6】



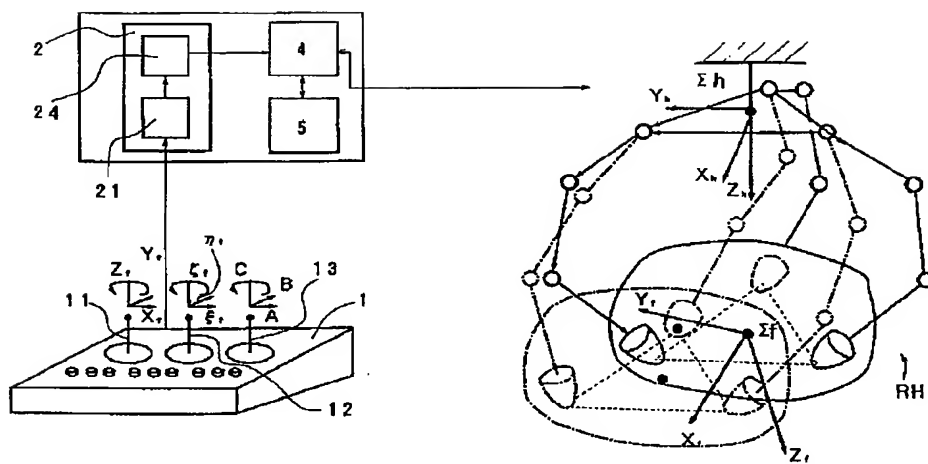
【図5】



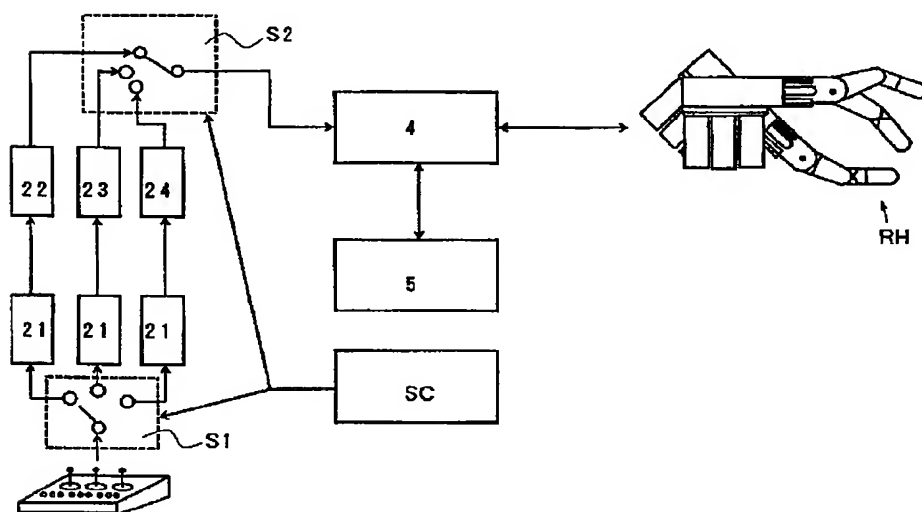
【図7】



【図 8】

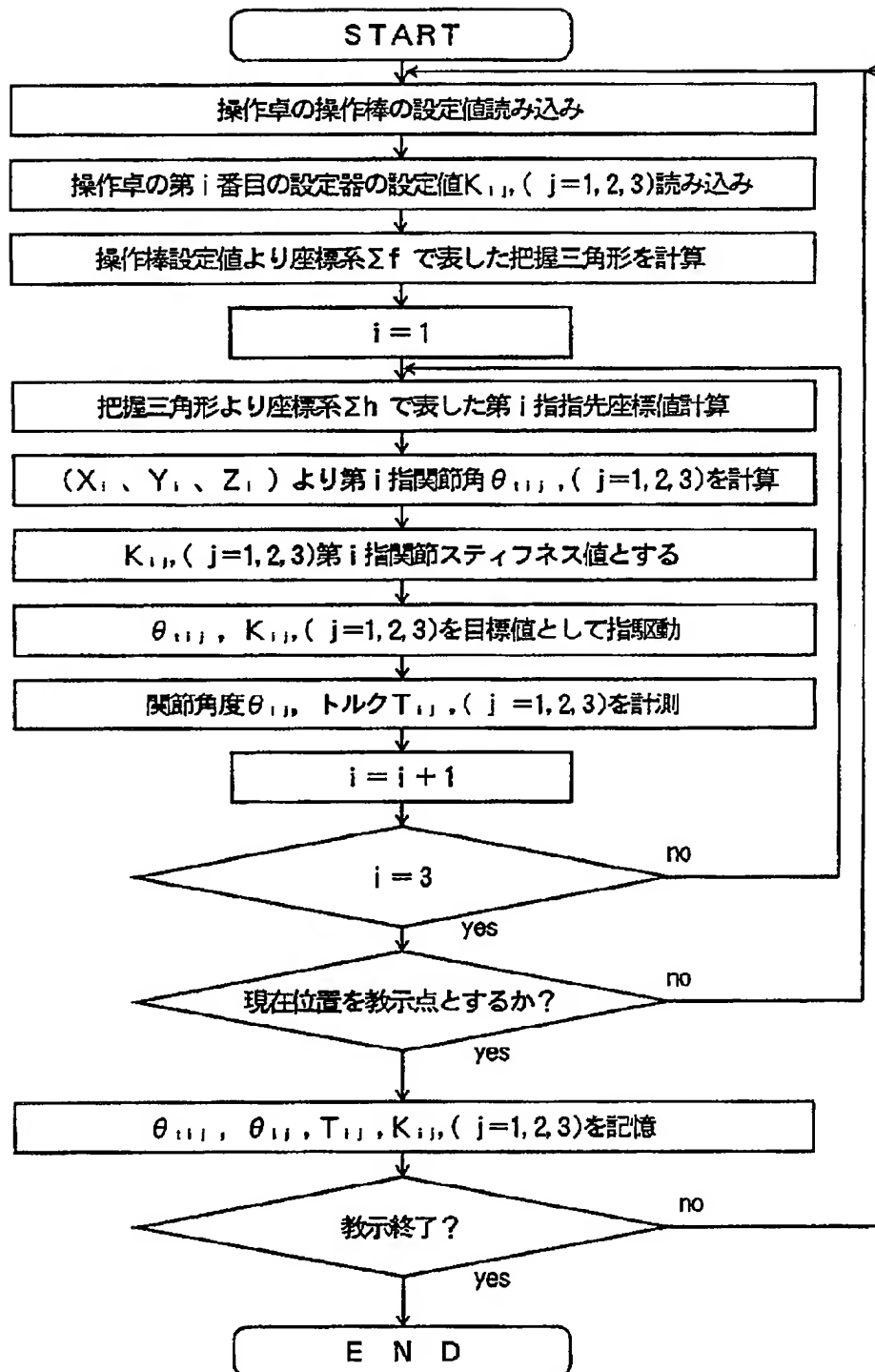


【图 1-1】





【図10】



【図12】

